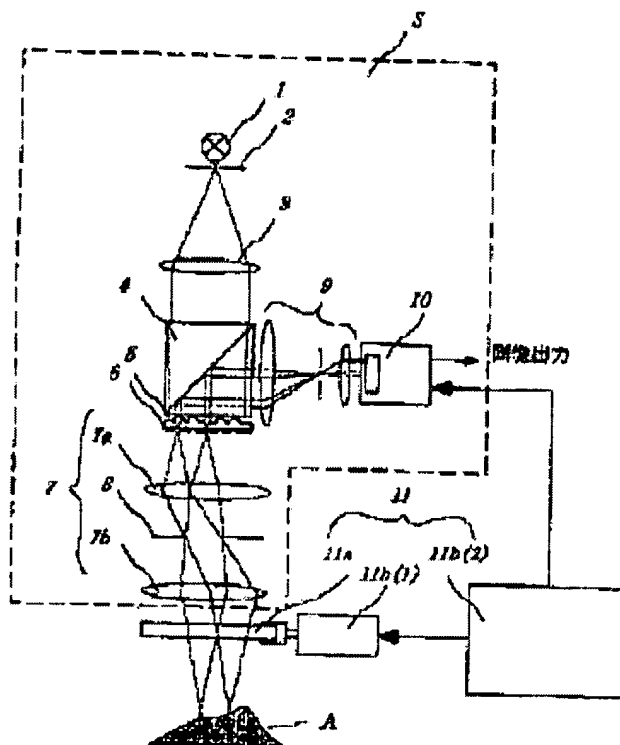
**THREE-DIMENSIONAL MEASURING OPTICAL DEVICE**

Patent number: JP10239036
Publication date: 1998-09-11
Inventor: ISHIHARA MITSUHIRO
Applicant: TAKAOKA ELECTRIC MFG CO LTD
Classification:
- International: **G01B11/24; G02B21/00; G01B11/24; G02B21/00;**
(IPC1-7): G01B11/24; G02B21/00
- european:
Application number: JP19970055485 19970225
Priority number(s): JP19970055485 19970225

Report a data error here

Abstract of JP10239036

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce speckle contrast without moving an object and also without significantly reducing the resolution in the X, Y directions by minutely scanning spots within the exposure time of a reflected light detector. **SOLUTION:** A galvanometer 11b(1) can change the inclination of a parallel plane 11a at high speed by the driving signal of a controller 11b(2). Since the inclination of the parallel plane 11a that has been inserted into an optical path becomes the parallel displacement of the whole spots, the scanning of the whole spots can be possible by changing the angle of the parallel plane 11a. The galvanometer 11b(1) is suitable for the control of angular change. By driving the galvanometer 11b(1) by the controller 11b(2) so as to synchronize with the exposing timing of a two-dimensional detector 10, minute scanning of spots can be achieved within the exposure time of the two-dimensional detector 10.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-239036

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/24

Z

G 0 2 B 21/00

G 0 2 B 21/00

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-55485

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月25日

(71) 出願人 000002842

株式会社高岳製作所

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 石原 満宏

愛知県西春日井郡西枇杷島町芳野町3丁目

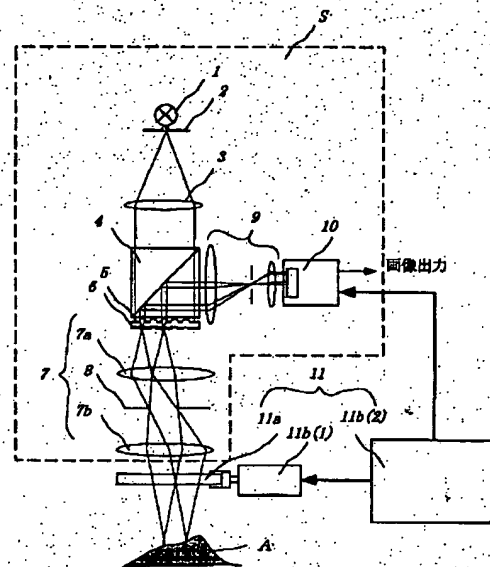
1番地 株式会社高岳製作所技術開発センター内

(54) 【発明の名称】 3次元計測用光学装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、スポットを物体に投影しその反射光の合焦情報を用いて物体の3次元計測を行う装置において、計測対象物体表面性状が粗面であっても高精度に3次元計測可能な手法を提供することを目的とする。

【解決手段】 2次元配列型共焦点光学系Sからのマルチビームスポットを微小走査手段11により2次元検出器10の露光時間内に1画素程度走査することによりスペックルを平滑化してスペックルコントラストを低減する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つの対物レンズを通して一つ以上の微小なスポットを物体に投影し、物体からの反射光を同じ対物レンズにより集光し、集光した反射光を検出し、反射光の合焦情報から物体の表面位置を計測する光学装置において、反射光検出器の露光時間内に前記スポットを微小走査させる微小走査手段を備えたことを特徴とする3次元計測用光学装置。

【請求項2】 微小走査手段は、対物レンズと物体との間に配設した平行平面と、この平行平面の光軸に対する角度を変化させる角度変化手段とにより構成されたことを特徴とする請求項1記載の3次元計測用光学装置。

【請求項3】 微小走査手段は、対物レンズと物体との間に光軸に対して傾けて配設した平行平面と、この平行平面を回転させる回転手段とにより構成されたことを特徴とする請求項1記載の3次元計測用光学装置。

【請求項4】 微小走査手段は、対物レンズの開口絞り位置に配設した偏向用ミラーと、この偏向用ミラーの角度を変化させる角度変化手段とにより構成されたことを特徴とする請求項1記載の3次元計測用光学装置。

【請求項5】 微小走査手段は、対物レンズの開口絞り位置に配設した光束を偏向する偏向プリズムと、この偏向プリズムを回転させる回転手段とにより構成されたことを特徴とする請求項1記載の3次元計測用光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体の3次元計測を行うために用いられる光学装置であり、特に合焦情報を用いて物体の光軸方向の位置を検出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】共焦点光学系を用いると物体の光軸方向（以下Z方向と呼ぶ）の位置（以下高さと呼ぶ）を精度良く計測することが可能である。従来技術の説明に先立ち共焦点光学系による高さ計測の原理を解説する。共焦点光学系の基本構成を図11に示す。点光源101から出た光は対物レンズ103により集光され物体に投影される。物体から反射して再び対物レンズ103に入射した光はハーフミラー102を介して点光源101と光学的に同じ位置にあるピンホール104に入射し、ピンホール104を通過した光の量が検出器105により計測される。これが共焦点光学系的基本的な構造である。このような光学系を用いると物体表面上の点の高さが次のようにして計測できる。物体表面が点光源101に共役な位置にある場合、反射光は同じく共役な位置であるピンホール104面に収束し多くの反射光がピンホール104を通過する。しかし物体表面が点光源に共役な位置から離れるとピンホール104を通過する光量は急速に減少する。このことから物体と対物レンズ103との距離を変化させて検出器105が最大出力を示す点を見つ

ければ物体表面の高さがわかることになる。以上が共焦点光学系による高さ計測の原理である。

【0003】共焦点光学系は基本的に物体表面上の1点のみを計測対象としているが、3次元計測のためには面的な計測が必要である。共焦点光学系を用いて2次元画像（以下共焦点画像と呼ぶ）を得るためには何らかの走査手段を持つかまたは共焦点光学系の並列化を行う必要がある。後者の並列化を行う典型的な光学系として2次元配列型共焦点光学系がある。2次元配列型共焦点光学系は共焦点光学系による2次元画像の各点を同時並列に露光することが可能であることから非常に高速な計測が可能であるという特徴がある。2次元配列型共焦点光学系を持つ装置としては本発明者により既に出願された特願平8-94682号明細書がある。この装置を2次元配列型共焦点光学系の代表例として図10を用いて説明する。

【0004】光源1から射出された照明光は照明ピンホール2とコリメーターレンズ3とによって平行光となってビームスプリッター4に入射する。ビームスプリッター4を下方に通過した照明光はマイクロレンズアレイ5に入射し、マイクロレンズアレイ5の各レンズ毎に各レンズの焦点位置に微小スポットを形成する。マイクロレンズアレイ5の焦点面はピンホールアレイ6となっており、各ピンホールはマイクロレンズアレイ5の各レンズと同軸である。このため照明光のほとんどはピンホールアレイ6を通過する。ピンホールアレイ6から出る照明光はちょうど点光源が並列に並べられていることに相当し、レンズ7a、レンズ7bと絞り8よりなる両側テレセントリックな対物レンズ7によりピンホールアレイ7の像（つまり多数の微小スポット）となって物体Aに投影されることになる。物体Aからの反射光は対物レンズ7によりピンホールアレイ6付近に集光される。ピンホールアレイ6は点計測型の共焦点光学系の検出器の前のピンホールの役目を持っており、物体Aに投影された各微小スポットの焦点位置（収束位置）に物体表面があれば対応するピンホールを多くの反射光が通過するが、物体Aの表面が焦点位置からはずれると反射光がピンホールを通過する光量は小さくなる。ピンホールアレイ6を通過した反射光はマイクロレンズアレイ5により各レンズから平行ビームとなって射出され、ビームスプリッター4により偏向せられ、縮小レンズ9によりビーム径が縮小されて2次元検出器10によりその強度が検出される。

【0005】このような構造により共焦点画像全点が同時並列的に検出されることになる。Z軸方向に移動して焦点位置の異なる複数の共焦点画像を得て、画像各点毎に強度が最大となる画像を見つければ物体Aの表面形状が計測できる。

【0006】2次元配列型共焦点光学系は画像全点が同時露光できることから高速であり、可動部がなく、シャ

ッターを用いることができることから工業用として適している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】この光学系の問題点は対象物が粗面である場合に発生する。物体Aに投影されるスポットは基本的に点光源から射出されたコヒーレント性の高い光であり、スポット内で物体表面上に凸凹があるとこれらの反射光が結像面であるピンホールアレイ6付近で干渉を起こしてしまう。つまりスペックルが発生する。スペックルが発生すると、高さ計測の結果に著しい悪影響を与えてしまう。スペックルはコヒーレント性が高い光であるほどコントラスト（以下スペックルコントラストと呼ぶ）が高く、このスペックルコントラストが高いほど高さ計測への影響が大きい。

【0008】画像処理により近傍平滑化処理を行ってスペックルコントラストを低減することは可能であり、高さ計測の精度も向上するが、これではXY方向の解像度が著しく低下してしまう。

【0009】また物体を振動させることで平滑化を行うことも可能であるが、高周波振動による物体へのダメージや、物体の重さや大きさによっては高周波振動が不可能であり2次元配列型共焦点光学系の高速性が失われる可能性があり、望ましくない。

【0010】そこで本発明は、物体を動かすことなくかつXY方向の解像度を大きく低下させることなくスペックルコントラストを低減することができる3次元計測用光学装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】手段の説明に先立ちその根拠を説明する。スペックルはスポット内での物体表面の凸凹により発生するから、凸凹がランダムであれば（粗面は一般的にランダムである）スポットを走査すれば凸凹の状態が変化しスペックルコントラストがランダムに変わる。走査によりランダムに変化するスペックルコントラストを重畳すれば、平滑化の効果によりスペックルコントラストを低減できる。一般的には走査することによりスペックルコントラストを重畳すればXY方向の分解能が低下してしまうが、2次元配列型共焦点光学系は次のような理由により1画素の範囲内で、つまりXY方向の分解能が落ちない範囲内で走査することでスペックルコントラストを低減することが可能である。

【0012】2次元配列型共焦点光学系はスポット（ピンホールアレイの像）を物体に投影するが、図9に示すようにスポット径に対してスポットピッチは5から10倍取る必要がある。これは、あるピンホールに隣接のピンホールのぼけた光が入射しないようにするためである。この条件により2次元配列型共焦点光学系の各点の画素開口率（スポット面積／1画素分の面積）は非常に低くなっている。このようにスポット径に対して画素サイズが大きいことは1画素内でスポットを走査する程度

の微小な走査であってもスポットに含まれる物体表面が十分に变化できる、つまりスペックルコントラストの変化が十分に現れることを意味する。この微小走査を2次元検出器の露光時間内に実行すれば時間的にスペックルコントラストの変化が重畳されて平滑化されることになる。このように2次元配列型共焦点光学系は1画素分程度の微小な走査を2次元検出器の露光時間内に行うことによりXY方向の分解能を落とすことなくスペックルコントラストを低減することができる。以上のような理屈を3次元計測用光学装置として以下のように構成する。

【0013】請求項1の発明では、少なくとも一つの対物レンズを通して一つ以上の微小なスポットを物体に投影し、物体からの反射光を同じ対物レンズにより集光し、集光した反射光を検出し、反射光の合焦情報から物体の表面位置を計測する光学装置において、反射光検出器の露光時間内に前記スポットを微小走査させる微小走査手段を備えたことを特徴とする。

【0014】請求項2では、微小走査手段は、対物レンズと物体との間に配設した平行平面と、この平行平面の光軸に対する角度を変化させる角度変化手段とにより構成されたことを特徴とする。

【0015】請求項3では、微小走査手段を、対物レンズと物体との間に光軸に対して傾けて配設した平行平面と、この平行平面を回転させる回転手段とにより構成されたことを特徴とする。

【0016】請求項4では、微小走査手段を、対物レンズの開口絞り位置に配設した偏向用ミラーと、この偏向用ミラーの角度を変化させる角度変化手段とにより構成されたことを特徴とする。

【0017】請求項5では、微小走査手段を、対物レンズの開口絞り位置に配設した光束を偏向する偏向プリズムと、この偏向プリズムを回転させる回転手段とにより構成されたことを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1に本発明の実施の形態の第一の例を示す。Sは従来技術で説明した2次元配列型共焦点光学系である。2次元検出器10として現在最も一般的なCCDテレビカメラを用いている。対物レンズ7と物体Aの間には微小走査手段11が挿入されている。微小走査手段11は平行平面11aと平行平面11aの角度を変化させる角度変化手段11bより構成される。角度変化手段11bはガルバノメーター11b(1)とコントローラ11b(2)より構成される。コントローラ11b(2)はガルバノメーター11b(1)をコントロールする部分でありガルバノメーター11b(1)に対して駆動信号を発生する。また、コントローラ11b(2)はガルバノメーター11b(1)に対する駆動信号に同期して2次元検出器10へシャッタータイミング信号も発行する。

【0019】このような構成によりスポットの微小走査が次のように実現される。ガルバノメーター11b(1)は平行平面11aの傾きをコントローラ11b(2)の駆動信号により高速に変化させることができる。図2に示すように光路に挿入された平行平面11aの傾きはスポット全体の平行移動となるから平行平面11aの角度を変化させることによりスポット全体の走査が可能となる。例えば2mm程度の厚さの平行平面11aを±1度変化させることにより±10μm程度の微小走査が可能である。ガルバノメーター11b(1)はこのような角度変化の制御に適している。コントローラ11b(2)により2次元検出器10の露光タイミングに合わせてガルバノメーター11b(1)を駆動することで2次元検出器10の露光時間内のスポットの微小走査が達成できる。

【0020】この例では一次元的な微小走査であるが、2枚の平行平面11aを用いて2次元的な微小走査も可能である。また角度変化手段11bは、平行平面11aの角度が変化できるものであれば必ずしもガルバノメーター11b(1)である必要はなく、例えば共振型スキャナーであってもよいし音叉でも良い。また、必ずしも2次元検出器10の露光タイミングを制御する必要はなく、制御した方がより精度の高い計測が可能であると考えられるのでこの例では制御するようになっているにすぎない。

【0021】図3に本発明の実施の形態の第二の例を示す。微小走査手段13の構造以外は第一の例と同じである。この例は、第一の例のように平行平面の角度を変化させるのではなく、平行平面の傾いている方向を変化させて微小走査を実現する。図4は第二の例の微小走査手段13を詳細に示している。平行平面13aを回転させる回転手段13bはリング型超音波モーター13b(1)とコントローラ13b(2)とで構成され、リング型超音波モーター13b(1)の中空部分には平行平面13aが微小角度傾けて取り付けられている。コントローラ13b(2)は第一の例と同じようにリング型超音波モーター13b(1)の駆動信号と2次元検出器への露光タイミング信号を出力する。リング型超音波モーター13b(1)の回転軸と対物レンズ7の光軸を一致させてリング型超音波モーター13b(1)を回転させるとそれに伴って平行平面13aが回転し、平行平面13aの傾いている方向が変わることになる。平行平面13aの傾きは第一の例で述べたようにスポット全体の平行移動の効果があるから、傾きの方向が変わると平行移動の方向が変わることになり、リング型超音波モーター13b(1)の回転によってスポットの円形走査が行われることになる。

【0022】もちろん回転手段11bのモーターはリング型超音波モーター13b(1)である必要はなく、一般的な中心軸を持つモーターでギアやベルトなどを用い

て平行平面13aを回転させても良い。また、図5のように大きい平行平面の円周部を対物レンズ7の光路に挿入するような形でも同様な効果が得られる。

【0023】図6に本発明の実施の形態の第三の例を示す。2次元配列型共焦点光学系は第一、第二の例のものと基本的に同じであるが対物レンズ7の光路が絞りの位置で90度折れ曲がっている点異なる。絞りの位置には偏向用ミラー14aと偏向用ミラー14aの角度を変化させる角度変化手段14bが取り付けられており、偏向用ミラー14aは光軸に対して45度の角度となっている。角度変化手段14bの構成は第一の例と同じくガルバノメーター14b(1)とコントローラ14b(2)よりなり、コントローラ14b(2)の役割は第一の例と同じである。偏向用ミラー14aの角度が変わると全主光線方向が変わることになるから結果的にスポット全体が平行移動することになる。つまり角度変化手段14bにより偏向用ミラー14aの角度を振ることにより走査が可能となる。この走査機構は一般的なレーザー走査顕微鏡の走査機構と同じである。ただ異なるのはレーザー走査の場合は1つのスポットを走査するのに対し、本例は全スポットを同時に走査することになる。

【0024】図7に本発明の実施の形態の第四の例を示す。2次元配列型共焦点光学系は第一、第二の例のものと基本的に同じである。対物レンズ7の絞りの位置には微小走査手段15が配置されている。微小走査手段15は、図8に示すように偏向プリズム15aと偏向プリズム15aの回転手段15bよりなり、偏向プリズム15aはくさび形の形状でリング型超音波モーター15b(1)の中空部に取り付けられている。コントローラ15b(2)の役割は第二の例と同じである。偏向プリズム15bは主光線を含む全ての光線方向を変えるから、第三の例のミラーが傾いているのと同じようにスポット全体が平行移動する。回転手段15bにより偏向プリズム15bを回転させると平行移動する方向が変化するから円形の走査がなされることになる。

【0025】以上の例は2次元配列型共焦点光学系を対象としたものであるが、当然のことながら1次元配列型共焦点光学系であっても点計測型共焦点光学系であってもよい。基本的に対物レンズを通して微小なスポットを物体に投影し、同じ対物レンズを通して反射光を集光して焦点ずれやぼけ量を評価するタイプの計測光学系は、たとえ照明光がレーザー光でなくても(白色光であっても)そのスポット内の物体表面に凸凹があればスベクルの問題は発生すると考えられる。本発明はこのような計測光学系すべてに対して適用できる。

【発明の効果】本発明によれば、モーターやガルバノメーターのような高速動作が可能なアクチュエーターを用いて1画素程度の微小距離の走査を検出器の露光時間内に行うため計測光学系の高速性や、XY方向の解像度を

ほとんど落とすことなく粗面の物体に対するスペックルコントラストを低減することが可能であり、高速、高精度な3次元計測が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第一の例を示した図である。

【図2】本発明の実施の形態の第一の例の微小走査手段を説明するための図である。

【図3】本発明の実施の形態の第二の例を示した図である。

【図4】本発明の実施の形態の第二の例の微小走査手段を説明するための図である。

【図5】本発明の実施の形態の第二の例の微小走査手段の他の実現方法を説明するための図である。

【図6】本発明の実施の形態の第三の例を示した図である。

【図7】本発明の実施の形態の第四の例を示した図である。

【図8】本発明の実施の形態の第四の例の微小走査手段を説明するための図である。

【図9】ピンホール径とピンホールピッチの関係を説明

するための図である。

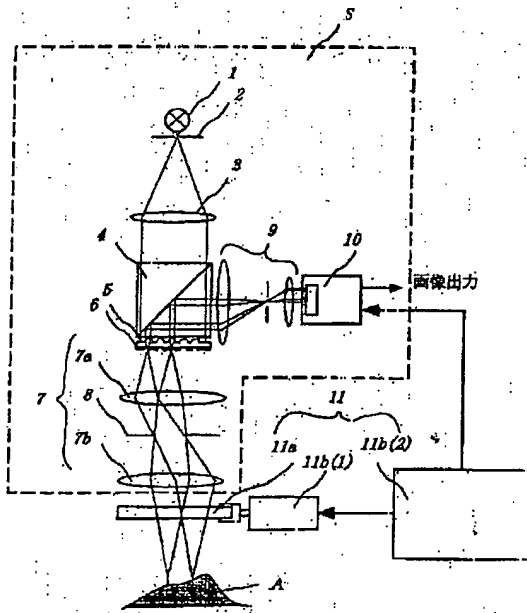
【図10】本発明の従来技術を説明するための図である。

【図11】共焦点光学系を説明するための図である。

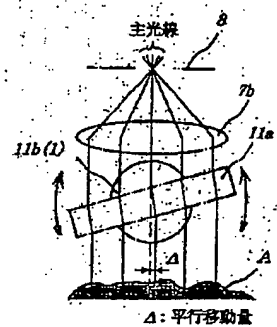
【符号の説明】

- | | |
|----|-------------|
| A | 物体 |
| 1 | 光源部 |
| 2 | 照明ピンホール |
| 3 | コリメーターレンズ |
| 4 | 偏光ビームスプリッター |
| 5 | マイクロレンズアレイ |
| 6 | ピンホールアレイ |
| 7 | 対物レンズ |
| 8 | 絞り |
| 9 | 縮小レンズ |
| 10 | 2次元検出器 |
| 11 | 微小走査手段 |
| 13 | 微小走査手段 |
| 14 | 微小走査手段 |
| 15 | 微小走査手段 |

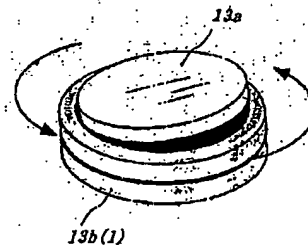
【図1】



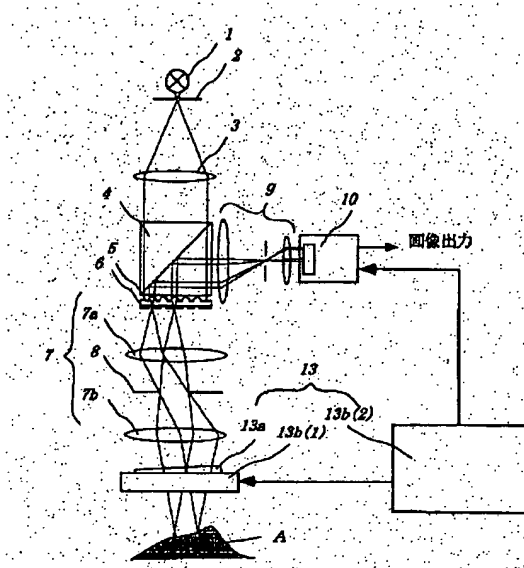
【図2】



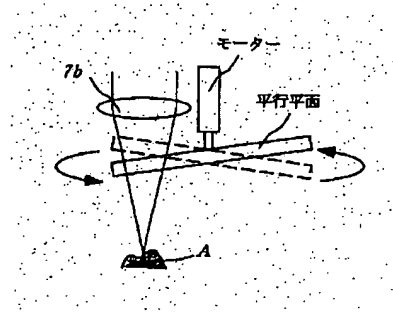
【図4】



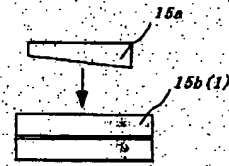
【図3】



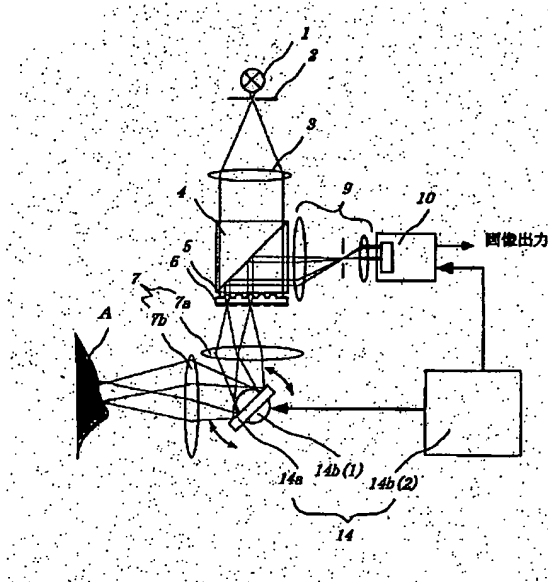
【図5】



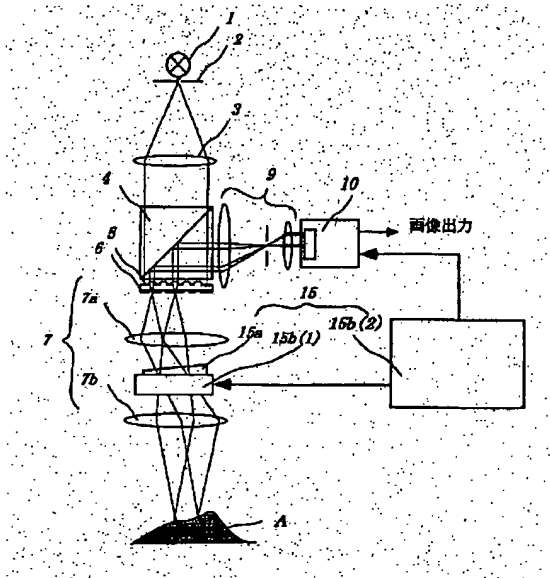
【図8】



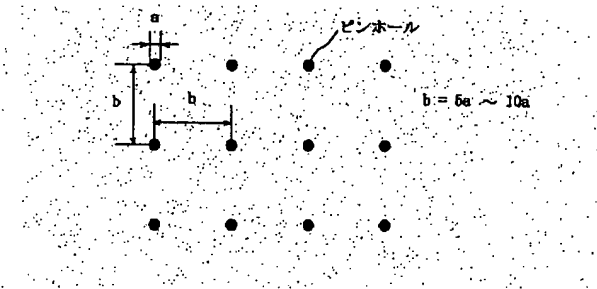
【図6】



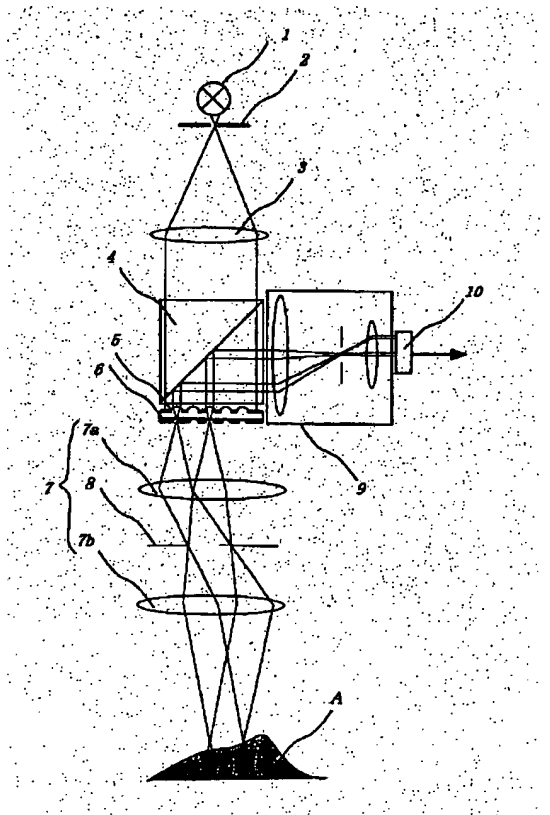
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

